

$$\frac{1}{\beta_R} = \int_{v=0}^{\infty} \frac{1}{\beta_v} \frac{dI_{vb}(T)}{dI_b(T)} dv. \quad (21)$$

Тогда выражение (20) примет вид

$$q^{\text{рез}}(y) = -\frac{4\pi}{3\beta_R} \frac{dI_b(T)}{dy} \quad \text{или} \quad q^{\text{рез}}(y) = -\frac{4\bar{\sigma}}{3\beta_R} \frac{d(n^2 T^4)}{dy}, \quad (22)$$

так как

$$I_b(T) = \frac{n^2 \bar{\sigma} T^4}{\pi}, \quad (23)$$

где n – показатель преломления среды, а $\bar{\sigma}$ – коэффициент Стефана – Больцмана.

Для постоянного n выражение (22) может быть представлено в виде

$$q^{\text{рез}}(y) = -\lambda_r \frac{dT}{dy}, \quad \text{где } \lambda_r \equiv \frac{16n^2 \bar{\sigma} T^3}{3\beta_R}. \quad (24)$$

Коэффициент λ_r называют **коэффициентом лучистой теплопроводности** по аналогии с известным в теории теплопроводности коэффициентом теплопроводности. Выражение (24) имеет тот же вид, что и соответствующее выражение для плотности теплового потока за счёт теплопроводности; отсюда видно, что приближение оптически толстого слоя описывает процесс переноса излучения как диффузионный процесс.

Выражение (22) [или (24)] называют **приближением Росселанда** или **диффузионным приближением** для плотности потока излучения. Средний по Росселанду коэффициент ослабления β_R , определяемый выражением (21), может быть рассчитан с помощью функции излучения второго рода.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПЕЧИ СТАНА 550 ОАО «ЧУСОВСКОЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

Лимонова Т.В., Казяев М.Д.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург, Россия

Чусовской металлургический завод является поставщиком рессорной стали для автомобильных заводов России. Производство осуществляется в прокатных цехах. В одном из них находится стан «550» перед которым установлена методическая толкательная печь. Конструкция печи представлена на рис. 1.

В печи осуществляется двусторонний нагрев металла, торцевая загрузка и боковая выдача нагретых заготовок, есть сплошная подина.

Печь нагревает заготовки сечением 110×110 до 255×124 мм, длиной от 2 до 3 м и массой до 580 кг. Заготовка в печи перемещается по двум водоохлаждаемым глиссажным трубам. Нагревательная печь оборудована 9-ю горелками: 4 – в торцевой стене сварочной зоны; 2 – в боковых стенах нижней части сварочной зоны; 3 горелки – в торцевой стене камеры нижнего подогрева.

Первоначально печь отапливалась природно-доменной смесью, а потом была переведена на природный газ практически без изменения конструкции.

Верхнее отопление только торцевое. Печь работает по двухзонному режиму. Выдержки на сплошном поду нет. Перегрев металла на последней стадии, это приводит к быстрому выходу свода печи из строя, что особенно проявилось при переходе на природный газ. Техническая характеристика существующей методической печи представлена в табл. 1. Тепловой баланс существующей методической печи представлен в табл. 2.

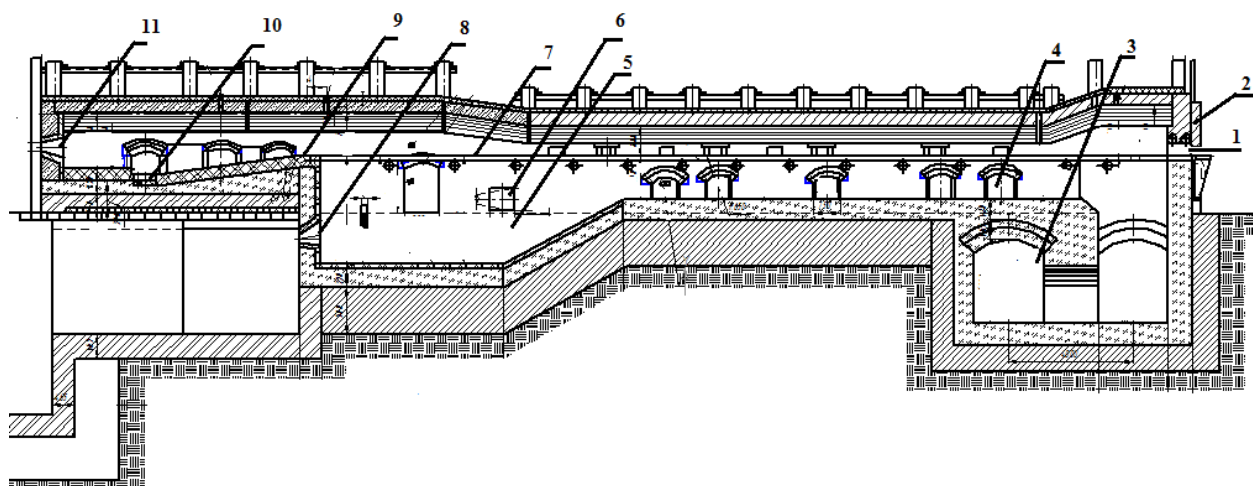


Рис. 1. Конструкция печи:

- 1 – окно загрузки; 2 – заслонка; 3 – боров; 4 – смотровое окно;
 5 – камера нижнего подогрева; 6 – боковые горелки; 7 – глиссажные трубы;
 8 – горелки камеры нижнего подогрева, 9 – монолитный под;
 10 – водоохлаждаемый желоб; 11 – торцевые горелки

Суммарный коэффициент полезного действия печи:

$$\eta_{\Sigma} = \frac{\Delta Q_1}{Q_{\text{х}} + Q_{\text{в}}} 100 \%; \quad \eta_{\Sigma} = \frac{3229}{10725 + 484} 100 = 28,8 \%$$

Удельный расход условного топлива:

$$b = \frac{BQ_{\text{н}}^{\text{р}}}{29,31 \cdot P}; \quad b = \frac{0,303 \cdot 33400}{29,31 \cdot 3,194} = 108,2 \frac{\text{кг у.т.}}{\text{т}}$$

Таблица 1

Техническая характеристика

Наименование	Размерность	Величина
Длина печи по кладке	мм	25250
Длина активного пода	мм	23010
Длина монолитной части активного пода	мм	3800
Ширина печи от стенки до стенки	мм	3480
Высота методической зоны	мм	800
Высота камеры нижнего подогрева	мм	2400
Высота свода сварочной зоны	мм	1300
Производительность печи	т/ч	11,5–24
Температура заготовки на посадке	°С	20
Температура заготовки на выдаче	°С	1220
Тепловая мощность ($Q_{\text{общ}}$)	кВт	10131,3
Площадь активного пода	м ²	80,07
Топливо: природный газ	кДж/м ³	33400
Способ нагрева	Открытый нагрев продуктами горения	
Давление газа перед печью	кПа	4–6
Давление воздуха перед печью	кПа	4–6
Общий расход газа на печь	м ³ /ч	1094
Температура подогрева воздуха	°С	112

Таблица 2

Тепловой баланс существующей методической печи

Приход теплоты	кВт	%
Хим. теплота горения топлива ($Q_{\text{хим}}$)	10725	92,46
Физическое тепло подогретого воздуха ($Q_{\text{в}}$)	484	4,17
Теплота экзотермических реакций ($Q_{\text{экз}}$)	391	3,37
Итого:	11600	100,00
Расход теплоты		
Теплота, затраченная на нагрев металла (Q_1)	3229	27,84
Потери теплоты с уходящими газами (Q_2)	4632	39,93
Потери теплоты в окружающую среду (Q_5),	3252	28,04
В том числе: $Q_{5\text{охл}}$	2361	20,35
$Q_{5\text{т}}$	700	6,03
$Q_{5\text{изл}}$	191	1,65
Невязка	487	4,2
Итого:	11600	100,00

Как видно из приведённых расчётов удельный расход условного топлива высокий, а коэффициент полезного действия низкий. Сейчас современные печи работают с коэффициентом полезного действия до 50 %. Из этого следует, что печь нуждается в техническом перевооружении. Меры, которые необходимо предпринять:

- Изменение схемы отопления. Печь должна быть переоборудована из двухзонной в трёхзонную. Для этого необходимо ввести дополнительное отопление в верхней части печи.
- Замена топливосжигающих устройств на современные конструкции.
- Изменение конструкции свода: арочный кирпичный свод заменить на плоский панельный свод, выполненный из Z-блоков.

Предполагаемые изменения конструкции печи показаны на рис. 2.

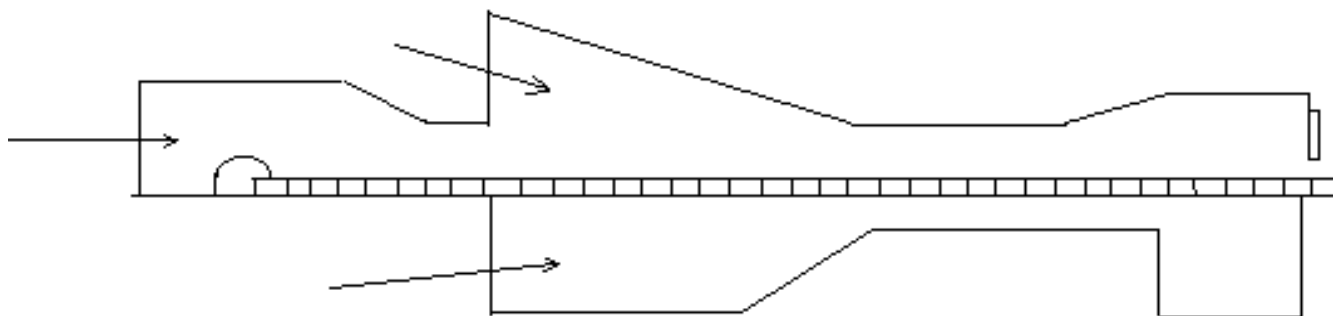


Рис. 2. Схема отопления трёхзонной методической печи

Для приведенной схемы печи был рассчитан тепловой баланс по следующим исходным данным:

Теплота сгорания топлива $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 34000 \text{ кДж/м}^3$.

Производительность печи 20 т/ч.

Температура подогрева воздуха $t_{\text{в}} = 320 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Структура теплового баланса приведена в табл. 3.

Таблица 3

Тепловой баланс методической печи после технического перевооружения

Приход теплоты				Расход теплоты			
№	Статья	кВт	%	№	Статья	кВт	%
1	Q _x	9001,5	88,25	1	ΔQ _m	4530	40,37
2	Q _в	1315,67	11,75	2	Q ₂	5325,6	47,8
				3	Q ₃	290,7	2,61
				4	Q ₅	1031,5	9,22
	Итого	11217,2	100,0		Итого	11507,7	100,0

Основные показатели тепловой работы печи:

Удельный расход условного топлива:

$$b = \frac{BQ_n^p}{29,31 \cdot P};$$

$$b = \frac{0,287 \cdot 34500}{29,31 \cdot 5,6} = 60,32 \frac{\text{кг у.т.}}{\text{т}}.$$

Коэффициент использования тепла в рабочем пространстве печи:

$$\eta_{\text{ит}} = 1 - \frac{Q_2 + Q_3}{Q_x + Q_v};$$

$$\eta_{\text{ит}} = 1 - \frac{5363 + 292,7}{99015 + 1315,67} = 0,496 = 49,6 \, \%.$$

Суммарный коэффициент полезного действия:

$$\eta_{\Sigma} = \frac{\Delta Q_1}{Q_x + Q_v};$$

$$\eta_{\Sigma} = \frac{4530}{11217,2} = 0,404 = 40,4 \, \%.$$

При этом произошли следующие изменения в показателях тепловой работы:

- Снижение удельного расхода топлива

$$\Delta b = \frac{b' - b''}{b'} 100 = \frac{108,2 - 60,32}{108,2} 100 = 44,2 \, \%.$$

- Увеличение коэффициента полезного действия

$$\Delta \eta = \frac{\eta'' - \eta'}{\eta'} 100 = \frac{40,4 - 28,8}{28,8} 100 = 40,3 \, \%.$$

Список использованных источников

1. Теплотехнические расчеты металлургических печей / под ред. А.С. Телегина. М.: Металлургия, 1982. 360 с.
2. Советкин В.Л., Федяева Л.А. Теплофизические свойства веществ. Свердловск: УГТУ–УПИ, 1990. 104 с.
3. Теория и практика теплогенерации / С.Н. Гущин, М.Д. Казяев, Ю.В. Крюченков [и др.]. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. 379 с.
4. Сожигательные устройства нагревательных и термических печей / В.Л. Гусовский [и др.]. М.: Металлургия, 1981. 272 с.
5. Дипломное и курсовое проектирование теплотехнических агрегатов: методические указания к оформлению дипломных и курсовых работ/ Н.Б. Лошкарёв, А.Н. Лошкарёв, Л.А. Зайнуллин. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. 50 с.